

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Katsushi IKEUCHI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: IMAGE PROCESSING APPARATUS, IMAGE PROCESSING METHOD, AND IMAGE PROCESSING PROGRAM

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §120**.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119(e)**:  
**Application No.** \_\_\_\_\_ **Date Filed** \_\_\_\_\_

- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of **35 U.S.C. §119**, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:


<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-022317	January 30, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) \_\_\_\_\_  
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
\_\_\_\_\_  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124



22850

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 1月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-022317

[ST.10/C]:

[JP2003-022317]

出 願 人

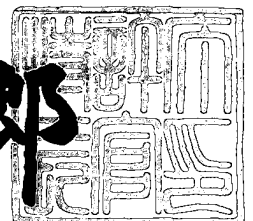
Applicant(s):

東京大学長

2003年 6月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3047204

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000204291

【特記事項】 特許法第 3 0 条第 1 項の規定の適用を受けようとする特  
許出願

【提出日】 平成15年 1月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 15/00

【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラム

【請求項の数】 19

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市青葉区梅が丘 2 - 1 2

    【氏名】 池内 克史

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都文京区向丘 2 - 6 - 1 2 沼田 荘

    【氏名】 川崎 洋

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都江東区青海 2 - 7 9 東京国際交流会館 A 4 0 8

    【氏名】 佐川 立昌

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都台東区池之端 2 - 3 - 1 9 - 2 0 2

    【氏名】 山崎 俊太郎

【特許出願人】

    【識別番号】 391012327

    【氏名又は名称】 東京大学長

【代理人】

    【識別番号】 100058479

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 鈴江 武彦

    【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100108855

【弁理士】

【氏名又は名称】 蔵田 昌俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100075672

【弁理士】

【氏名又は名称】 峰 隆司

【選任した代理人】

【識別番号】 100109830

【弁理士】

【氏名又は名称】 福原 淑弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9110264

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理装置、画像処理方法、及び画像処理プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる複数の第 1 の画像と、  
前記描画対象の距離情報に関する第 2 の画像とを記憶する記憶手段と、

前記第 2 の画像に基づいて、前記描画対象の幾何形状モデルを生成する幾何形状モデル生成手段と、

前記幾何形状モデルの形状を近似するための複数の微小面を発生する微小面発生手段と、

視線方向に対して所定の角度をなすように、前記複数の微小面を回転させるビルボーディング処理手段と、

前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記複数の第 1 の画像の中から前記各微小面毎にテクスチャ画像を選択し前記各微小面に投影することで、  
前記視線方向に対応した前記描画対象に関する第 3 の画像を生成するテクスチャマッピング手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記幾何形状モデル生成手段は、複数のボクセルを発生させ、当該複数のボクセルによって前記幾何形状モデルを生成し、

前記微小面発生手段は、前記微小面を各ボクセル内に発生させること、

を特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置。

【請求項 3】

幾何形状モデル生成手段は、前記第 2 の画像の精度に基づいて前記複数のボクセルの発生数を制御することを特徴とする請求項 2 記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像に対してクリッピング処理を施

すクリッピング処理手段をさらに具備することを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記複数の第 1 の画像の中から、前記視線方向と前記複数の撮影方向とがなす角度の小さいものから順に少なくとも二枚の第 1 の画像を選択し、当該少なくとも二枚の第 1 の画像に基づいて、補間画像を生成する補間画像生成手段をさらに具備し、

前記テクスチャマッピング手段は、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記各微小面毎に前記複数の第 1 の画像又は前記補間画像をテクスチャ画像として選択し、前記各微小面に投影すること、

を特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像及び当該補間画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング処理手段と

を具備することを特徴とする請求項 5 記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記クリッピング処理手段は、グラフィックスハードウェアであることを特徴とする請求項 4 又は 6 に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる複数の第 1 の画像と、前記描画対象の距離情報に関する第 2 の画像とを利用して、前記描画対象に関して所定の視線方向からの第 3 の画像を生成する画像処理方法であって、

前記第 2 の画像に基づいて、前記描画対象の幾何形状モデルを生成し、

前記幾何形状モデルの形状を近似するための複数の微小面を発生する微小面発生手段と、

視線方向に対して所定の角度をなすように、前記複数の微小面を回転させるビ

ルボーディング処理を実行し、

前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記複数の第 1 の画像の中から前記各微小面毎にテクスチャ画像を選択し前記各微小面に投影することで、前記第 3 の画像を生成すること、

を具備することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 9】

前記幾何形状モデルは、複数のボクセルから形成されるボクセルモデルであり

前記微小面は、各ボクセル毎に発生させること、

を特徴とする請求項 8 記載の画像処理方法。

【請求項 10】

幾何形状モデル生成手段は、前記第 2 の画像の精度に基づいて前記複数のボクセルの発生数を制御することを特徴とする請求項 9 記載の画像処理方法。

【請求項 11】

前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像に対してクリッピング処理を施すこと、

をさらに具備することを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の画像処理方法。

【請求項 12】

前記複数の第 1 の画像の中から、前記視線方向と前記複数の撮影方向とがなす角度の小さいものから順に少なくとも二枚の第 1 の画像を選択し、当該少なくとも二枚の第 1 の画像に基づいて、補間画像を生成することをさらに具備し、

前記テクスチャマッピングにおいては、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記各微小面毎に前記複数の第 1 の画像又は前記補間画像をテクスチャ画像として選択し、前記各微小面に投影すること、

を特徴とする請求項 8 乃至 10 のうちいずれか一項記載の画像処理方法。

【請求項 13】

前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像の各画素

に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像及び当該補間画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像に対してクリッピング処理を施すことをさらに具備することを特徴とする請求項 1 2 記載の画像処理方法。

【請求項 1 4】

描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる複数の第 1 の画像と、前記描画対象の距離情報に関する第 2 の画像とを利用して、前記描画対象に関して所定の視線方向からの第 3 の画像を生成するための画像処理プログラムであって、

コンピュータに、

前記第 2 の画像に基づいて、前記描画対象の幾何形状モデルを生成する幾何形状モデル生成機能と、

前記幾何形状モデルの形状を近似するための複数の微小面を発生する微小面発生機能と、

視線方向に対して所定の角度をなすように、前記複数の微小面を回転させるビルボーディング処理を実行するビルボーディング機能と、

前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記複数の第 1 の画像の中から前記各微小面毎にテクスチャ画像を選択し前記各微小面に投影することで、前記第 3 の画像を生成する画像生成機能と、

を実現させるための画像処理プログラム。

【請求項 1 5】

前記幾何形状モデル生成機能は、複数のボクセルを発生させ、当該複数のボクセルによって前記幾何形状モデルを生成し、

前記微小面発生機能は、前記微小面を各ボクセル内に発生させること、

を特徴とする請求項 1 4 記載の画像処理プログラム。

【請求項 1 6】

幾何形状モデル生成手段は、前記第 2 の画像の精度に基づいて前記複数のボクセルの発生数を制御することを特徴とする請求項 1 5 記載の画像処理プログラム

【請求項 1 7】

前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング機能をさらに具備することを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 記載の画像処理プログラム。

【請求項 1 8】

前記複数の第 1 の画像の中から、前記視線方向と前記複数の撮影方向とがなす角度の小さいものから順に少なくとも二枚の第 1 の画像を選択し、当該少なくとも二枚の第 1 の画像に基づいて、補間画像を生成する補間画像生成機能をさらに具備し、

前記テクスチャマッピング機能は、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記各微小面毎に前記複数の第 1 の画像又は前記補間画像をテクスチャ画像として選択し、前記各微小面に投影すること、

を特徴とする請求項 1 4 乃至 1 6 のうちいずれか一項記載の画像処理プログラム。

【請求項 1 9】

前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像及び当該補間画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング処理機能をさらに具備することを特徴とする請求項 1 8 記載の画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータグラフィックス等において使用される画像処理装置、画像処理方法、及び当該画像処理プログラムに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

実世界の物体や風景をコンピュータグラフィックスとして再現することは、仮想現実感、拡張現実感といった現実感モデルを構築する上で非常に重要な処理である。しかし、複雑な形状を持つ物体を正確に計測、又は表現（すなわち画像化）することは、非常に困難である。また、仮に実現できた場合であっても、その処理に要するコストは、極めて高額となると考えられる。このような問題に対して、従来より、幾何モデル、光学モデル等の観点から多くの研究がなされている。しかし、依然として樹木の葉や毛髪等の極端に複雑な物体の幾何学形状を正確な計測、及び厳密な画像化は困難である。この困難性について具体的に説明すると、次のようである。

## 【0003】

例えば、コンピュータグラフィックスにおける代表的な描画手法の一つに、計測等によって得られた形状モデルに基づいて描画を行うMBR（Model Based Rendering）がある。この手法では、ある程度の大きさを持つ物体の形状を、レーザーレンジファインダーによって高精度（0.1～10.0mmの精度）で計測して形状モデルを作成し、これに基づいて描画処理を行う。従って、この手法での描画の正確さは、形状モデルの計測精度に依存することとなる。しかしながら、毛髪等の細かく入り組んだ形状を画像として表現するには、上記計測精度では不十分であり、正確な画像化を実現することができない。また、当該手法は、計測精度が撮影対象の表面特性に影響されやすく、かつ撮影できない対象も多い。さらに、複雑な幾何形状を正確に表現するために必要なデータ量は膨大であり、これらのデータを全て保持することは現実的ではない。

## 【0004】

また、コンピュータグラフィックスにおける代表的な他の描画手法として、二次元画像から見え（appearance）を合成して描画を行うIBR（Image Based Rendering）がある。この手法は、MBRの様に幾何形状を取得する必要がなく、入力するカメラ画像を増やすことにより原理的にはあらゆる風景を再現することが可能である。しかしながら、撮影に要するコストとデータを保持するコストが高いことから利用できる状況は限られてしまう。また、幾何形状を持たないことから、合成された形状を他の環境に持ち込んだり、視点を大きく変える等の変化

が困難である。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記事情を鑑みてなされたもので、計測によって得られた幾何形状を最大限に活用しつつ、画像に基づく見えの合成を行うことで、任意の対象物体を表示することができる画像処理装置、画像処理方法、及び当該画像処理プログラムを提供することを目的としている。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するため、次のような手段を講じている。

【 0 0 0 7 】

請求項 1 に記載の発明は、描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる複数の第 1 の画像と、前記描画対象の距離情報に関する第 2 の画像とを記憶する記憶手段と、前記第 2 の画像に基づいて、前記描画対象の幾何形状モデルを生成する幾何形状モデル生成手段と、前記幾何形状モデルの形状を近似するための複数の微小面を発生する微小面発生手段と、視線方向に対して所定の角度をなすように、前記複数の微小面を回転させるビルボーディング処理手段と、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記複数の第 1 の画像の中から前記各微小面毎にテクスチャ画像を選択し前記各微小面に投影することで、前記視線方向に対応した前記描画対象に関する第 3 の画像を生成するテクスチャマッピング手段と、を具備することを特徴とする画像処理装置である。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、前記幾何形状モデル生成手段は、複数のボクセルを発生させ、当該複数のボクセルによって前記幾何形状モデルを生成し、前記微小面発生手段は、前記微小面を各ボクセル内に発生させることを特徴とする請求項 1 記載の画像処理装置である。

【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の発明は、幾何形状モデル生成手段は、前記第 2 の画像の精度に基づいて前記複数のボクセルを発生数を制御することを特徴とする請求項 2 記

載の画像処理装置である。

【 0 0 1 0 】

請求項 4 に記載の発明は、前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング処理手段をさらに具備することを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の画像処理装置である。

【 0 0 1 1 】

請求項 5 に記載の発明は、前記複数の第 1 の画像の中から、前記視線方向と前記複数の撮影方向とがなす角度の小さいものから順に少なくとも二枚の第 1 の画像を選択し、当該少なくとも二枚の第 1 の画像に基づいて、補間画像を生成する補間画像生成手段をさらに具備し、前記テクスチャマッピング手段は、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記各微小面毎に前記複数の第 1 の画像又は前記補間画像をテクスチャ画像として選択し、前記各微小面に投影すること、を特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項記載の画像処理装置である。

【 0 0 1 2 】

請求項 6 に記載の発明は、前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像及び当該補間画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング処理手段と、を具備することを特徴とする請求項 5 記載の画像処理装置である。

【 0 0 1 3 】

請求項 7 に記載の発明は、前記クリッピング処理手段は、グラフィックスハードウェアであることを特徴とする請求項 4 又は 6 に記載の画像処理装置である。

【 0 0 1 4 】

請求項 8 に記載の発明は、描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる複数の第 1 の画像と、前記描画対象の距離情報に関する第 2 の画像とを利用

して、前記描画対象に関して所定の視線方向からの第 3 の画像を生成する画像処理方法であって、前記第 2 の画像に基づいて、前記描画対象の幾何形状モデルを生成し、前記幾何形状モデルの形状を近似するための複数の微小面を発生する微小面発生手段と、視線方向に対して所定の角度をなすように、前記複数の微小面を回転させるビルボーディング処理を実行し、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記複数の第 1 の画像の中から前記各微小面毎にテクスチャ画像を選択し前記各微小面に投影することで、前記第 3 の画像を生成すること、を具備することを特徴とする画像処理方法である。

## 【 0 0 1 5 】

請求項 9 に記載の発明は、前記幾何形状モデルは、複数のボクセルから形成されるボクセルモデルであり、前記微小面は、各ボクセル毎に発生させることを特徴とする請求項 8 記載の画像処理方法である。

## 【 0 0 1 6 】

請求項 1 0 に記載の発明は、幾何形状モデル生成手段は、前記第 2 の画像の精度に基づいて前記複数のボクセルを発生数を制御することを特徴とする請求項 9 記載の画像処理方法である。

## 【 0 0 1 7 】

請求項 1 1 に記載の発明は、前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像に対してクリッピング処理を施すことをさらに具備することを特徴とする請求項 9 又は 1 0 記載の画像処理方法である。

## 【 0 0 1 8 】

請求項 1 2 に記載の発明は、前記複数の第 1 の画像の中から、前記視線方向と前記複数の撮影方向とがなす角度の小さいものから順に少なくとも二枚の第 1 の画像を選択し、当該少なくとも二枚の第 1 の画像に基づいて、補間画像を生成することをさらに具備し、前記テクスチャマッピングにおいては、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記各微小面毎に前記複数の第 1 の画像又は前記補間画像をテクスチャ画像として選択し、前記各微小面に投影すること、を

特徴とする請求項 8 乃至 1 0 のうちいずれか一項記載の画像処理方法である。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 3 に記載の発明は、前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像及び当該補間画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像に対してクリッピング処理を施すことをさらに具備することを特徴とする請求項 1 2 記載の画像処理方法である。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 4 に記載の発明は、描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる複数の第 1 の画像と、前記描画対象の距離情報に関する第 2 の画像とを利用して、前記描画対象に関して所定の視線方向からの第 3 の画像を生成するための画像処理プログラムであって、コンピュータに、前記第 2 の画像に基づいて、前記描画対象の幾何形状モデルを生成する幾何形状モデル生成機能と、前記幾何形状モデルの形状を近似するための複数の微小面を発生する微小面発生機能と、視線方向に対して所定の角度をなすように、前記複数の微小面を回転させるビルボーディング処理を実行するビルボーディング機能と、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記複数の第 1 の画像の中から前記各微小面毎にテクスチャ画像を選択し前記各微小面に投影することで、前記第 3 の画像を生成する画像生成機能とを実現させるための画像処理プログラムである。

【 0 0 2 1 】

請求項 1 5 に記載の発明は、前記幾何形状モデル生成機能は、複数のボクセルを発生させ、当該複数のボクセルによって前記幾何形状モデルを生成し、前記微小面発生機能は、前記微小面を各ボクセル内に発生させることを特徴とする請求項 1 4 記載の画像処理プログラムである。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 6 に記載の発明は、幾何形状モデル生成手段は、前記第 2 の画像の精度に基づいて前記複数のボクセルを発生数を制御することを特徴とする請求項 1 5 記載の画像処理プログラムである。

## 【 0 0 2 3 】

請求項 1 7 に記載の発明は、前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング機能をさらに具備することを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 記載の画像処理プログラムである。

## 【 0 0 2 4 】

請求項 1 8 に記載の発明は、前記複数の第 1 の画像の中から、前記視線方向と前記複数の撮影方向とがなす角度の小さいものから順に少なくとも二枚の第 1 の画像を選択し、当該少なくとも二枚の第 1 の画像に基づいて、補間画像を生成する補間画像生成機能をさらに具備し、前記テクスチャマッピング機能は、前記複数の撮影方向と前記視線方向とに基づいて、前記各微小面毎に前記複数の第 1 の画像又は前記補間画像をテクスチャ画像として選択し、前記各微小面に投影すること、を特徴とする請求項 1 4 乃至 1 6 のうちいずれか一項記載の画像処理プログラムである。

## 【 0 0 2 5 】

請求項 1 9 に記載の発明は、前記第 2 の画像に基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像の各画素に対して距離情報を付加し、当該各第 1 の画像及び当該補間画像の各画素の距離情報と前記視点から前記各ボクセルまでの距離とに基づいて、前記複数の第 1 の画像及び前記補間画像に対してクリッピング処理を施すクリッピング処理機能をさらに具備することを特徴とする請求項 1 8 記載の画像処理プログラムである。

## 【 0 0 2 6 】

このような構成によれば、計測によって得られた幾何形状を最大限に活用しつつ、画像に基づく見えの合成を行うことで、任意の対象物体を表示することができる画像処理装置、画像処理方法、及び当該画像処理プログラムを実現することができる。

## 【 0 0 2 7 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に従って説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。

【 0 0 2 8 】

図 1 は、本実施形態に係る画像処理装置 1 0 のブロック構成図を示している。同図に示すように、本画像処理装置 1 0 は、主記憶部 1 2、ホストコントローラ 1 4、操作部 1 6、表示部 1 8、補助記憶部 1 9、画像処理部 2 0 を具備している。

【 0 0 2 9 】

主記憶部 1 2 は、所定の描画対象に関する二次元画像列（カメラ画像その他の実画像からなる画像列）と幾何形状情報とを記憶する不揮発性メモリである。ここでは、二次元画像列は、描画対象を被写体として、その周囲の複数撮影位置において撮影されたカメラ画像とする。このカメラ画像は、後述する画像処理においてテクスチャ画像として使用される。また、幾何形状情報とは、例えば光学的センサ等を用いた計測等によって得られる距離画像（各画素の画素値として、センサから描画対象までの距離を有する画像）である。

【 0 0 3 0 】

ホストコントローラ 1 4 は、画像生成、画像処理、画像表示、データ記憶・通信等に関する統括的な制御を行う。

【 0 0 3 1 】

操作部 1 6 は、キーボード、マウス、トラックボール、ロータリエンコーダ等からなり、オペレータが画像処理装置 1 0 に対しての各種入力指示を行うためのインタフェースである。

【 0 0 3 2 】

表示部 1 8 は、画像を表示する C R T 等の表示手段である。

【 0 0 3 3 】

補助記憶部 1 9 は、フロッピーディスク（F D）、D V D、C D R O M、D A T 等の着脱式記憶媒体である。

【 0 0 3 4 】

アラインメント処理部 1 9 は、カメラ画像と距離画像とを同一の座標系で表現するための対応付け（アラインメント）を行う。このアラインメントは、特徴量に着目するものや点群同士の対応に着目するものその他種々の手法を採用することができる。

## 【 0 0 3 5 】

画像処理部 2 0 は、主記憶部 1 2 に格納されたカメラ画像列、幾何形状情報を入力として後述する各処理を実行し、微小面ビルボーディングを用いて描画対象を描画（レンダリング）する。本画像処理部 2 0 は、各処理を実行するための構成要素として、微小面発生部 2 0 1、ビルボーディング処理部 2 0 3、テクスチャ画像選択部 2 0 2、描画処理部 2 0 9 を有している。

## 【 0 0 3 6 】

微小面発生部 2 0 1 は、例えば描画対象に関するボクセルモデルを生成し、各ボクセル内に当該描画対象の幾何形状を近似するための微小面を発生する。

## 【 0 0 3 7 】

ビルボーディング処理部 2 0 3 は、視線方向と各微小面とが常に所定の角度（本実施形態では、90度）をなすように、視線方向の変化に応じて各微小面を回転させる。この様な各微小面の回転処理による拘束は、「ビルボーディング」と呼ばれる。このビルボーディングを行うのは、任意の視線方向から観察した場合、上記複数の微小面によって描画対象全体が被覆される様にするためである。ここで、「視線方向」とは、描画処理において設定される視点から描画対象を見た場合の方向を意味する。

## 【 0 0 3 8 】

テクスチャ画像選択部 2 0 2 は、視線方向とカメラ画像列を撮影した複数のカメラの撮影方向とに基づいて、各微小面に関するテクスチャ画像を複数のカメラ画像の中から選択する。

## 【 0 0 3 9 】

描画処理部 2 0 9 は、テクスチャ画像選択部 2 0 2 によって選択された各カメラ画像を、対応する各微小面に投影することで、描画処理を行う。ここで、「撮影方向」とは、撮影用カメラ位置から描画対象を見た場合の方向を意味する。

## 【 0 0 4 0 】

前処理部 2 1 は、距離画像を利用して各カメラ画像の画素毎に視点からの距離（深さ）に関する情報（ $\alpha$ チャンネル情報）を与える。この $\alpha$ チャンネル情報は、ダブルイメージの発生を防止するため、レンダリングにおけるクリッピング処理に利用される。

## 【 0 0 4 1 】

次に、上記のように構成した画像処理装置 1 0 によって実現される、微小面ビルボーディングを用いた表示手法について説明する。この手法は、描画対象の幾何形状を、視線方向に依存してその向き（方向）が変化する微小面の集合で近似し、二次元画像をテクスチャとして張り付けることにより、任意形状の物体や風景を効率的に表示するものである。この表示手法によれば、描画対象がどのような外形を有する場合であっても、遠近感があり、且つ遮蔽や光源の影響その他の他物体との相互作用を考慮した描画を実現できる。特に、描画対象が複雑な外形を有する場合（例えば、描画対象が樹木である場合、毛状の部分の有する場合等）に実益がある。

## 【 0 0 4 2 】

なお、本表示手法は、例えば本ホストコントローラ 1 4 が有する、又は別途設けられた揮発性メモリにおいて、主記憶部 1 2 又は補助記憶部 1 9 等に格納された所定のプログラムを読み出し実行することによって実現することができる。

## 【 0 0 4 3 】

図 2 は、画像処理装置 1 0 が実行する上記生成・表示方法において実行される各処理のフローチャートである。図 2 に示すように、まず、カメラ画像列データ、及び距離画像データを収集する（ステップ S 1）。カメラ画像列データは、例えば描画対象を中心として所定角度間隔にある複数の撮影位置から撮影することで得られる。また、距離画像データは、例えば描画対象をレーザーレンジファインダーによって計測することで得られる。なお、カメラ画像と距離画像とは、同じ撮影位置から撮影される構成であってもよい。この場合、両者の間の空間的な対応関係を取るアラインメント処理をする省略することができる。また、幾何形状情報としては、距離画像の他に、三角パッチなどで表現されるメッシュモデル

であってもよい。

【 0 0 4 4 】

次に、アラインメント処理部 1 9 は、各カメラ画像と距離画像と間の位置合わせ（アラインメント）を行う（ステップ S 2）。本実施形態においては、例えば I C P 法（Iterative Closest Part method）等を採用する。

【 0 0 4 5 】

次に、微小面発生部 2 0 1 は、微小面（ポリゴン）の集合により、描画対象の形状を近似する（ステップ S 3）。すなわち、空間を微小領域に分割し、上記計測によって得られた幾何学形状を再サンプリングすることで、描画対象について粗い幾何学形状を取得する。この粗い幾何学形状取得するため、本実施形態では、例えばボクセル分割に基づき微小面を発生させる方法を採用する。具体的な内容は、次のようである。

【 0 0 4 6 】

まず、描画対象を完全に含むボリューム空間を設定する。すなわち、各ボクセルに二値化処理を施し、その中に何も存在しなければ、そのボクセルは空（ボクセル値 0 を設定）とし、一方、その中に何からの形状が存在すればボクセル値 1 を設定する。次に、当該ボクセル内に微小面を発生させることで、幾何形状を再サンプリングして表面对象の形状を近似する。

【 0 0 4 7 】

なお、近似するための微小面の形状としては、多角形や楕円を採用することができる。本実施形態では、標準的なグラフィックハードウェアを使用した容易な描画、マッピング等が可能であることから、四辺形の微小面を発生させるものとする。

【 0 0 4 8 】

図 3 は、ボクセル内に発生させる微小面の一例を示した図である。図 3 に示すように、微小面は、各ボクセル内の四辺形として定義される。また、その中心はボクセルの中心と一致するように設定される。この微小面は、後述するように視点の移動に伴って当該ボクセル内を回転する。この回転の際、微小面によって当該ボクセル全体を常に被覆するためには（すなわち、所定の視点から見た場合、

微小面が当該ボクセルモデルの表面を完全に被覆するためには)、1ボクセルの幅を $w$ とした場合、微小面の幅を $3^{1/2}w$ 以上とする必要がある。

【0049】

図4は、各ボクセルに微小面を発生させた場合の描画対象断面の模式的な図を示している。同図に示すように、描画対象の幾何形状は、微小面の集合によって近似される。

【0050】

次に、ビルボーディング処理部203は、視線方向と常に垂直となるように、各微小面を回転させる（ビルボーディング：ステップS4）。このビルボーディングにより、どの視線方向からでも微小面によって隙間無く覆い尽くされた状態で描画対象物を観察することができる。

【0051】

次に、テクスチャ画像選択部202は、テクスチャ画像として貼り付けるためのカメラ画像を、各微小面毎に選択する（ステップS5）。複数のカメラがある場合（カメラ画像列がカメラ毎に複数ある場合）には、いずれのカメラから撮影されたカメラ画像を選択するかは、視点の変動とともに描画時に動的に決定される。本実施形態では、視線方向とカメラの撮影方向とのなす角 $\theta$ が最も小さい画像から優先させ、かつ微小面を完全に含むものを選択する。

【0052】

なお、本手法では、撮影したカメラ画像列から、視線方向に最も近い画像を選択し、使用するため、視線の連続的な移動に伴い、選択される画像も変化する。撮影したカメラ画像が十分に密でなければ、視点移動によって選択する画像が変化する際、見え方も大きく変わるため、連続性が失われ現実感が損なわれてしまう。

【0053】

この不具合を防止するため、例えば、微小面に対して投影されるカメラ画像を上記 $\theta$ が小さいものから順番に複数枚選択しておき、選択画像が変わる際、連続的に画像が変化するように、変化前と変化後の画像を重み付けし、ブレンドした補間画像を生成して用いる。これにより、視線移動に伴うカメラ画像間の移動を

滑らかにすることができ、自然な描画を実現することができる。

【 0 0 5 4 】

次に、描画処理部 2 0 9 は、選択された各テクスチャ画像を切り抜き、各微小面に遠近投影する（テクスチャ画像のマッピング：ステップ S 6）。これにより、描画対象がどのような外形を有する場合であっても、遠近感があり、且つ遮蔽や光源の影響その他の他物体との相互作用を考慮した描画を実現することができる。

【 0 0 5 5 】

（デプスクリッピング）

上記表示手法においては、微小面に対するテクスチャ画像の選択は、視線方向とカメラの撮影方向とに基づいて決定している。そのため、複数の面に対して同一のテクスチャが選択されることがあり、その結果、視線がカメラの撮影地点から離れるに従って、テクスチャ上の一つの画素が複数回描画されることになる。一方、テクスチャ画像の各画素は、描画対象の一つの点から得られた情報である。従って、この同一テクスチャの複数回描画は、同一の物体が複数現れる、所謂ダブルイメージとして現れ、見えの不具合を発生させる。この不具合を改善するため、本画像処理装置は、次に述べるデプスクリッピングと称される手法を採用することができる。

【 0 0 5 6 】

デプスクリッピングとは、カメラ画像中の各画素に対して、予め画像対象までの距離情報を持たせておき、描画時に当該カメラ画像の各画素がボクセル内に含まれる場合に限り、微小面上に画素を書き出すことで、ダブルイメージを除去する手法である。なお、カメラ画像中の各画素に距離情報を持たせる処理は、前処理として予め行っておくことが可能である。本実施形では、前処理部 2 1 において、例えばアラインメントの前段処理として実行することができる。

【 0 0 5 7 】

図 5（a）～（c）は、デプスクリッピングを説明するための図である。まず、前処理部 2 1 は、図 5（a）に示すようなカメラ画像（鉢植え）と、これに対応する距離画像とを入力し、距離画像に基づきカメラ画像の各画素に対して  $\alpha$  チ

ャネル情報を与える。図 5 (b) は、カメラ画像の各画素について、 $\alpha$  チャネル情報がマスクされた画像の一例を示している。

#### 【 0 0 5 8 】

描画処理部 2 0 9 は、図 5 (b) に示した画像の各画素に与えられた距離と各微小面との距離とを比較して、テクスチャ画像として必要か否かの判定し、不要な画素については切り抜いて除去する。すなわち、微小面の発生間隔を  $w$ 、微小面の撮影方向の微小面上の奥行きを  $D$ 、画面に割り当てられている奥行きを  $d$  とすると、描画処理部 2 0 9 は、カメラ画像上の画素単位で、次の関係式に従ってテクスチャ画像の切り抜きに関する判定を実行する。

#### 【 0 0 5 9 】

$|d - D| < w / 2$  (画素を現在の微小面上に描画) (1-1)

上記以外 (画素を破棄、すなわち透明色をマッピング) (1-2)

なお、この判定・切り抜き処理は、例えば nVidia GeForce3 グラフィックスカード (商品名) の Register Combiners テクスチャ合成機能を利用して、ハード的に実行することができる。図 6 は、テクスチャ画像の判定・切り抜き処理を実現するハード装置の一例を示した図である。当該装置におけるレジスタの割り当ては、次の通りである。

#### 【 0 0 6 0 】

まず、図 6 に示すように、テクスチャユニット 0 の  $\alpha$ -portion に、距離画像  $D$  をロードする。すなわち、テクスチャとして使用されるカメラ画像は、RGB チャネルに撮影によって得られた色画像を、 $\alpha$  チャネルに幾何形状を射影して得られた距離画像  $D$  を割り当てる。次に、テクスチャ画素値  $d$  をテクスチャユニット 1 にロードする。今の場合、微小面は四辺形ポリゴンで表現しているから、視点の位置からポリゴンの向きを決定した後、当該四辺形の四つの頂点を撮影方向に見た時の距離を一次元テクスチャ座標として、各頂点に割り当てる。微小面上の各点を描画する際には、これらのテクスチャ座標を補間した値を、テクスチャ画素値として使用する。これらの値  $D$ 、 $d$  は、general combiner 0 にそれぞれ値  $A$ 、 $C$  として入力される。general combiner 0 は、入力された値  $A$ 、 $D$  に基づいて、 $A - C + 0.5$  の演算値を求め、general combiner 1、general comb

iner 3に対しそれぞれ値Aとして出力する。

#### 【 0 0 6 1 】

次に、general combiner 1では、値A及び値 $C = w / 2$ （wはボクセルサイズ）とを入力し、 $A - C$ の演算値を求め、general combiner 2に出力する。general combiner 2は、入力した演算値が0.5を越えるか否かを判別し、0.5を越えない場合には1が、越える場合には0が値Cとしてgeneral combiner 4に入力される。一方、general combiner 3では、値A及び値 $C = w / 2$ （wはボクセルサイズ）とを入力し、 $A + C$ の演算値を求め、general combiner 4に出力する。

#### 【 0 0 6 2 】

general combiner 4は、general combiner 2及びgeneral combiner 3から入力した各値Cが0.5を越えるか否かを判別し、0.5を越えない場合には0が、越える場合にはCが値Cとしてfinal combiner の $\alpha - p o r t i o n$ に入力される。この演算は上記式（1-1）、（1-2）の判定に対応している。final combiner の $\alpha - p o r t i o n$ では、画素を描画する場合には $\alpha = 1$ 、切り取る場合には $\alpha = 0$ に置換され、画素の描画／破棄が実行される。なお、

このように、式（1-1）、（1-2）の判別を実現するレジスタ合成器を使用することで、カメラ画像の各画素に対してデプスクリッピング処理を実行することができる。

#### 【 0 0 6 3 】

（誤差に基づくパラメータの決定）

微小面の発生密度は、画質と描画速度とに大きく影響する。一般に、発生密度が高ければ高いほど画質は向上するが、描画速度は低下する。そこで、画質と描画速度との間の関係式に基づいて、最適な微小面の発生密度を決定する手法について説明する。

#### 【 0 0 6 4 】

上述した表示手法では、微小面には、入力したカメラ画像がテクスチャとして投影される。このため、視点がカメラ位置にある場合は、微小面の解像度によらず、描画によって与えられる画像は入力したカメラ画像と一致する。この場合、描画結果の画像には、幾何形状を近似したことによる誤差は全くないと考えこ

とができる。一方、視点がカメラ位置から外れるに従って、もともと連続である幾何形状を不連続な微小面の集合で近似したことによる見えの不連続が発生する。

#### 【 0 0 6 5 】

図 7 は、見えの不連続性を幾何学的に説明するための図である。図 7 に示すように、隣り合う微小面  $v_1$ 、 $v_2$  に対し、A 方向のカメラが選択され描画された画像を、B 方向から観測しているとする。このとき、微小面の発生間隔（隣り合う微小面の中心間の距離）を  $w$ 、視線の角度を図の様に  $\theta$ 、カメラの撮影方向を  $\phi$  とすると、視線方向の微小面の間隔は、 $w \cdot \cos \theta$  と表せる。また、点  $p_1$ 、点  $p_2$  は、カメラ画像上の同一点であるので、これらの近傍は描画時にも連続していることが望ましい。微小面が不連続であるため、これらの点は次の  $e$  だけ離れて観察されることになる。

#### 【 0 0 6 6 】

$$e = w \cdot \cos \theta \tan |\phi - \theta| \quad (2)$$

ある入力カメラ画像列に対して、 $\delta = \max |\phi - \theta|$  を考えると、 $w \cos \theta < w$  より、次の式が成立する。

#### 【 0 0 6 7 】

$$e < w \cdot \tan \delta \quad (3)$$

式 (3) より、テクスチャの不連続を抑制するためには、第 1 に、 $w$  を減少させる、すなわち、ボクセルの分割を密に行っていき、微小面の発生密度を上げること、第 2 に、 $\delta$  を減少させる、すなわち、入力するカメラ画像を密に撮影すること、が有効である。

#### 【 0 0 6 8 】

しかしながら多くの場合、作業の手間やサイズが増大することなどから、入力するカメラ画像列をある程度以上密にすることは困難である。従って、本実施形態では、与えられた入力するカメラ画像列に対して、可能な限りボクセル分割数を変更することで微小面の発生密度を好適に制御する。例えば、計測物体を設置し、周囲から  $30^\circ$  間隔でカメラ撮影した画像をテクスチャとする場合、 $\delta < 15^\circ$  から  $e < 0.13w$  を得る。 $e$  をスクリーン上でのずれと考えると、 $e < 1$

、すなわち  $w < 74$ （単位は、スクリーン上の画素）であれば、テクスチャは連続して表示されることがわかる。従って、式（3）により、視点が移動した際の微小面の発生密度を、閾値処理によって決定することができる。

## 【 0 0 6 9 】

図 8（a）、（b）、（c）、（d）は、式（3）に従う視点の移動に応じた解像度の変更（ $e$  の変更）を示した図である。（a）から（d）に進むに従って  $e$  の値が小さく、高解像度となっている。

## 【 0 0 7 0 】

この  $e$  の値により発生する微小面のサイズを制御し、観察に最適な画像表示を実現することができる。当該制御の一つの基準として、計測された幾何形状の精度を上げることができる。例えば、計測された幾何形状の精度が良い場合には、サイズを小さくすることで、本手法によって得られる画像は、形状モデルに基づく MBR 法によって得られるものに近づく。一方、幾何形状が信頼できない場合には、サイズを大きくすることで、本手法によって得られる画像は、二次元画像に基づく IBR 法に近づけることができる。

## 【 0 0 7 1 】

## （実施例）

次に、本発明の実施例について説明する。本実施例では、本手法の有効性を検証するため、（A）物体を座標系の原点付近に設置し、周囲から中心方向に計測する場合（B）カメラを座標系の原点付近に設置し、周囲に向かって計測・撮影する場合、の二種類のカメラ配置で実験を行う。

## 【 0 0 7 2 】

実験に用いた描画対象（毛状素材で覆われた物体）の幾何形状、カメラ画像（カメラ画像）は、VIVID900（商品名）を用いて計測・撮影する。この計測系では、カメラ画像と幾何形状とを同時に計測することができる。そのため、両者の位置合わせ（アラインメント）を行う必要がない。撮影時のカメラ位置は測定せず、得られた点群を P. Neugebauer らの手法（例えば、Geometrical cloning of 3d objects via simultaneous registration of multiple range images. In Proc. Shape Modeling and Application ' 97, pages 130-139, 1997）を用いて位置

合わせした結果を利用して、カメラ位置を校正する。実験では、描画対象をター  
ンテーブル上に設置し、周囲  $360^{\circ}$  から  $10^{\circ}$  以上の間隔で計測・撮影を行っ  
た。

#### 【 0 0 7 3 】

図 9 (a) は、上記 (A) の状況下で計測を行って得られた幾何形状、及びカ  
メラ画像の一つを示す。なお、描画対象は、毛状の外形を有するぬいぐるみであ  
る。得られた幾何形状列に符号付距離変換を行い、ボリューム空間で再サンプリ  
ングしたとすると、図 9 (b) に示すようなボリュームデータを得る。

#### 【 0 0 7 4 】

次に、Wheelerらの方法（例えば、M. D. Wheeler, Y. Sato, and K. Ikeuchi.  
Consensus surfaces for modeling 3d objects from multiple range images.  
In Proc. ICCV ' 98, page 917-924, 1998）に従って、表面形状を再構成した結  
果が図 9 (c) である。この段階では、物体表面は毛で覆われているため計測は  
不完全であり、正確な幾何形状を復元することができない。

#### 【 0 0 7 5 】

次に、図 9 (d) にあるように、 $64 \times 64$  サイズのボクセル集合から微小面  
を発生させて幾何形状を近似する。なお、同図の微小面の色は、選択されている  
カメラの番号に対応している。これに基づいてテクスチャマップを実行し、距離  
に応じて切り抜くことで、図 9 (e) の結果を得る。同図より、本手法によれば  
、物体境界付近の幾何形状が曖昧な部分も正確に再現できることがわかる。

#### 【 0 0 7 6 】

図 10 (a) ~ (d) は、(B) の状況下で計測を行って得られた実験結果を  
示している。なお、実験に用いた VIVID900 では、一度に計測可能な範囲が狭いた  
め、シーン全体を撮影するために必要な撮影回数は、52 枚であった。図 10 (a)  
)、(b) に描画された結果を、それぞれ図 10 (c)、(d) に微小面ごと  
に選択されているカメラ位置を示す。図からわかるように、幾何形状を利用する  
ことで、遠近感のある描画を行うことが可能であるが、遮断のためのテクスチャ  
画像が存在しない領域には穴があく（例えば図 10 (c) の左上隅及び左～中央  
下部。図 10 (d) の中央下部。）。。

## 【0077】

また、PentiumIII（登録商標）1GHz、主記憶500MByte、グラフィックスカードGeForce3、ビデオメモリ64MByteのパーソナルコンピュータ（PC）で上記表示実験を行った結果、（A）、（B）いずれの結果においても、本実施形態を実現した場合の解像度において、実時間で表示することができた。

## 【0078】

以上述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

## 【0079】

本手法は、描画対象の幾何形状を、視線方向に依存してその向き（方向）が変化する微小面の集合で近似し、二次元画像をテクスチャとして張り付けることにより、任意形状の物体や風景を効率的に表示することができる。従って、例えば、樹木、毛状等描画対象が複雑な外形を有する場合であっても、遠近感があり、且つ遮蔽や光源の影響その他の他物体との相互作用を考慮した描画を実現できる。

## 【0080】

なお、本手法では、幾何形状を微小面で表現するため、微小面の大きさや視線の方向によっては、実際の幾何形状と微小面との乖離幅が大きくなり、歪みが発生する。また、テクスチャをview dependentにマッピングするため、サンプリングの周期も生成画像に影響を与える。これらの点については、次の手法にて評価でき、その精度の高さを確認することができる。

## 【0081】

今、注目微小面を一つ選び、図11に示すような配置を考える。図11の記号を用いて、仮想視点におけるピクセル位置と実際のピクセル位置とのずれ（乖離幅）を、本手法によるビルボード微小面における場合と従来の固定微小面における場合のそれぞれについて計算する。固定微小面の乖離幅 $D_a$ 、ビルボード微小面の乖離幅 $D_b$ は、それぞれ以下の式によって計算される。

## 【0082】

【数 1】

$$D_a = \left( \frac{\Delta u - \Delta d \cdot \tan(\theta - \phi)}{1 + \tan^2 \theta} - \frac{\Delta u - \Delta d \cdot \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta} \right) \frac{f}{dv} \quad (4)$$

$$D_b = \left( \frac{\Delta u - \Delta d \cdot \tan(\theta - \phi)}{1 + \tan \theta \cdot \tan(\theta - \phi)} - \frac{\Delta u - \Delta d \cdot \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta} \right) \frac{f}{dv} \quad (5)$$

【0083】

ただし、上記各式は、仮想視点の焦点距離を  $f$  とし、微小面の大きさに比べて、視点・カメラ位置が十分に物体から離れていることを用いて簡略化されている。

【0084】

上記各式より、サンプリング周期の上昇に伴い、歪みが減少することがわかる。また、距離に応じたテクスチャ切り抜きにより、ある閾値以上に幾何形状と微小面が乖離しないことを勘案すれば、現在行っている実験環境においては、発生するピクセル誤差は非常に小さいことがわかる。

【0085】

また、固定微小面とビルボード微小面との歪みを比較すると、視線方向の変化が大きくなると、固定微小面においては急激に歪みが拡大するのに対して、ビルボード微小面においては、歪みが安定していることがわかる。

【0086】

図12(a)、(b)、(c)は、上記式(4)をプロットしたグラフを示している。なお、ここでは、 $f = dv$  とし、ビルボード微小面及び固定微小面の各サイズを  $16 \times 16$  ピクセルとしている。また、図13(a)、(b)、(c)は、図12の(a)、(b)、(c)を二次元グラフ上に射影したものである。ここでは、歪みが最も大きくなる状況で計算するため、 $\Delta u$  は微小面の両端の位置とし、 $\phi$  はサンプリング周期/2としている。

【0087】

図12、13より、サンプリング周期の上昇に伴い、歪みが減少していることがわかる。また、 $f = dv$  としていること、距離に応じたテクスチャ切り抜きに

より、ある閾値以上に幾何形状と微小面とが乖離しないことを勘案すれば、現在行っている実験環境においては、発生するピクセル誤差は非常に小さいことがわかる。また、図 1 2 (c)、図 1 3 (c) より、固定微小面とビルボード微小面との歪みを比較すると、視線方向の変化が大きくなるに従って、固定微小面においては急激に歪みが拡張するのに対して、ビルボード微小面においては、歪みが安定していることがわかる。

## 【 0 0 8 8 】

以上の評価により、ある程度の大きさを持った微小面であっても、幾何形状とのずれによるピクセル誤差は小さいため、ビルボーディングを行う微小面を利用する本手法が、現実感ある表示に有効であることがわかる。

## 【 0 0 8 9 】

また、本手法は、描画対象の特徴抽出や背景抽出を一切必要とせず、単純に幾何要素の集合を利用するだけである。従って、比較的簡便な処理にて迅速に精度の高い描画を提供することができる。また、本手法は、パーソナルコンピュータやワークステーション、その他の通常のコンピュータグラフィックス環境に本手法を実現するプログラム等を実装することで、簡単かつ低コストにて実現することができる。

## 【 0 0 9 0 】

また、本手法によれば、デプスクリッピング処理により予めカメラ画像の切り抜きを行い、これを利用して各微小面への描画処理を行うことができる。従って、ダブルイメージを効率よく除去することができ、見えのよい画像を提供することができる。また、デプスクリッピング処理により余分な描画処理を排除することができるから、処理時間を短縮することができ、リアルタイム性の高い画像提供を実現することができる。

## 【 0 0 9 1 】

また、本画像処理装置では、デプスクリッピング処理をグラフィックスハードウェアによって効率的に実現することができる。従って、ソフト構成への負担を低減させることができ、処理時間の短縮を実現することができる。

## 【 0 0 9 2 】

また、本手法は、描画対象を中心に視点が移動する場合にも、視点を中心として描画対象が周囲に分布する場合にも、利用可能である。従って、例えば幾何形状の取得が容易な物体と困難な物体とが混在する環境であっても、遠近感があり、且つ遮蔽や光源の影響その他の他物体との相互作用を考慮した描画を実現できる。

【 0 0 9 3 】

以上、本発明を実施形態に基づき説明したが、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変形例及び修正例についても本発明の範疇に属するものと了解される。

【 0 0 9 4 】

以上、本発明を実施形態に基づき説明したが、本発明の技術的思想は上記説明に限定されず、その要旨を逸脱しない範疇において、修正及び変形することが可能である。これらについても、本願発明の技術的範疇に属するものと了解される。

【 0 0 9 5 】

また、各実施形態は可能な限り適宜組み合わせて実施してもよく、その場合組合わせた効果が得られる。さらに、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、実施形態の効果の欄で述べられている効果の少なくとも1つが得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

【 0 0 9 6 】

【発明の効果】

以上本発明によれば、計測によって得られた幾何形状を最大限に活用しつつ、画像に基づく見えの合成を行うことで、任意の対象物体を表示することができる画像処理装置、画像処理方法、及び当該画像処理プログラムを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、本実施形態に係る画像処理装置 1 0 のブロック構成図を示している。

【図 2】

図 2 は、画像処理装置 1 0 が実行する上記生成・表示方法において実行される各処理のフローチャートである。

【図 3】

図 3 は、ボクセル内に発生させる微小面の一例を示した図である。

【図 4】

図 4 は、各ボクセルに微小面を発生させた場合の描画対象断面の模式的な図を示している。

【図 5】

図 5 ( a ) ～ ( c ) は、デプスクリッピングを説明するための画像である。

【図 6】

図 6 は、テクスチャ画像の判定・切り抜き処理を実現するハード装置の一例を示した図である。

【図 7】

図 7 は、見えの不連続性を幾何学的に説明するための図である。

【図 8】

図 8 ( a ) 、 ( b ) 、 ( c ) 、 ( d ) は、視点の移動に応じた解像度の変更を示した画像である。

【図 9】

図 9 ( a ) ～ ( e ) は、本発明の実施例を説明するための画像である。

【図 1 0】

図 1 0 ( a ) ～ ( d ) は、カメラを座標系の原点付近に設置し、周囲に向かって計測・撮影する状況下で計測を行って得られた実験結果を示している。

【図 1 1】

図 1 1 は、本実施形態の効果を説明するための図である。

【図 1 2】

図 1 2 ( a ) 、 ( b ) 、 ( c ) は、式 ( 4 ) をプロットしたグラフを示している。

【図 1 3】

図 1 3 (a)、(b)、(c) は、図 1 2 の (a)、(b)、(c) を二次元  
グラフ上に射影したものである。

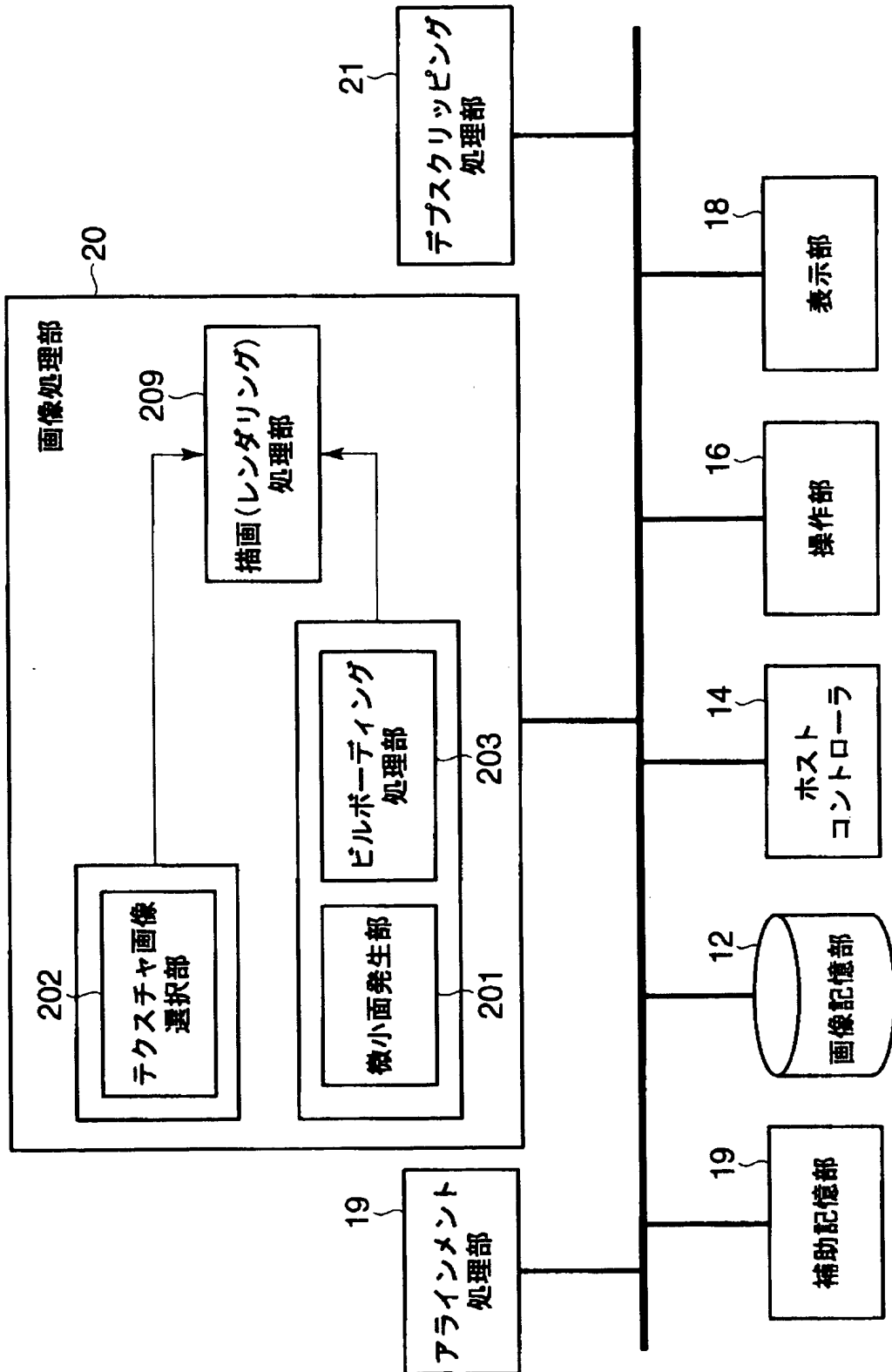
【符号の説明】

- 1 0 …画像処理装置
- 1 2 …画像記憶部
- 1 4 …ホストコントローラ
- 1 6 …操作部
- 1 8 …表示部
- 1 9 …補助記憶部
- 1 9 …アラインメント処理部
- 2 0 …画像処理部
- 2 1 …前処理部
- 6 4 …ビデオメモリ
- 2 0 1 …微小面発生部
- 2 0 2 …テクスチャ画像選択部
- 2 0 3 …ビルボーディング処理部
- 2 0 9 …描画処理部

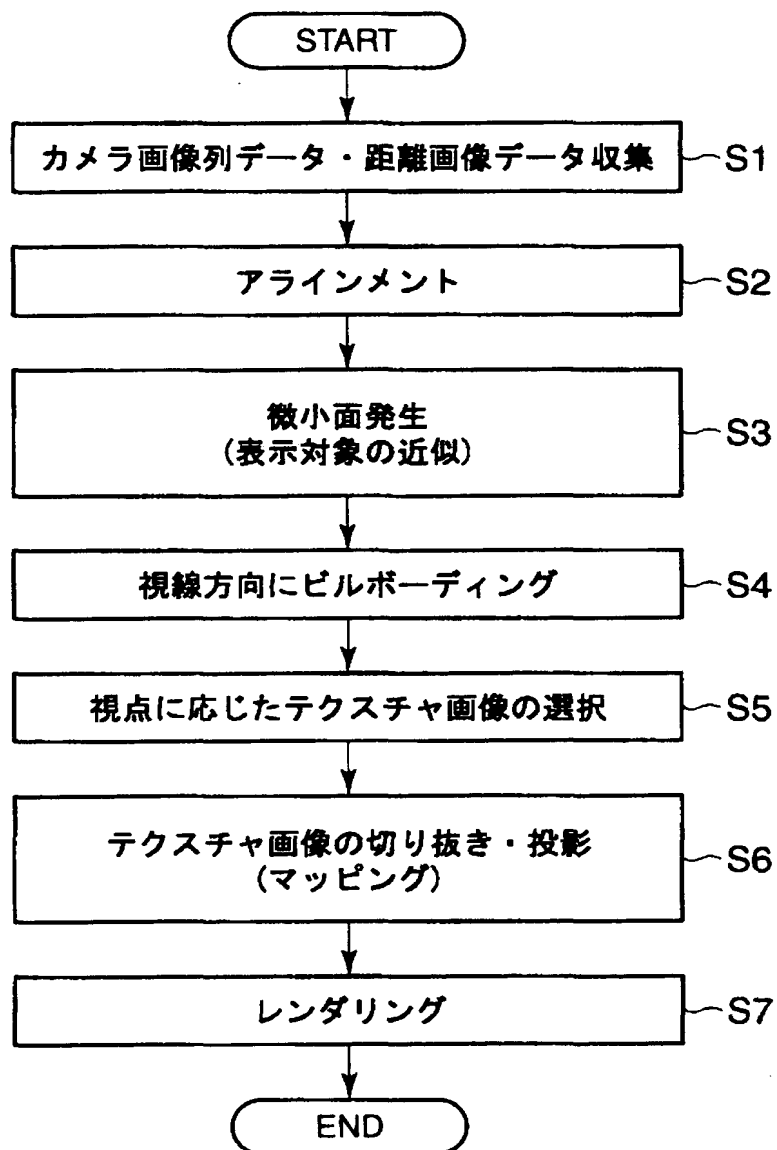
【書類名】

図面

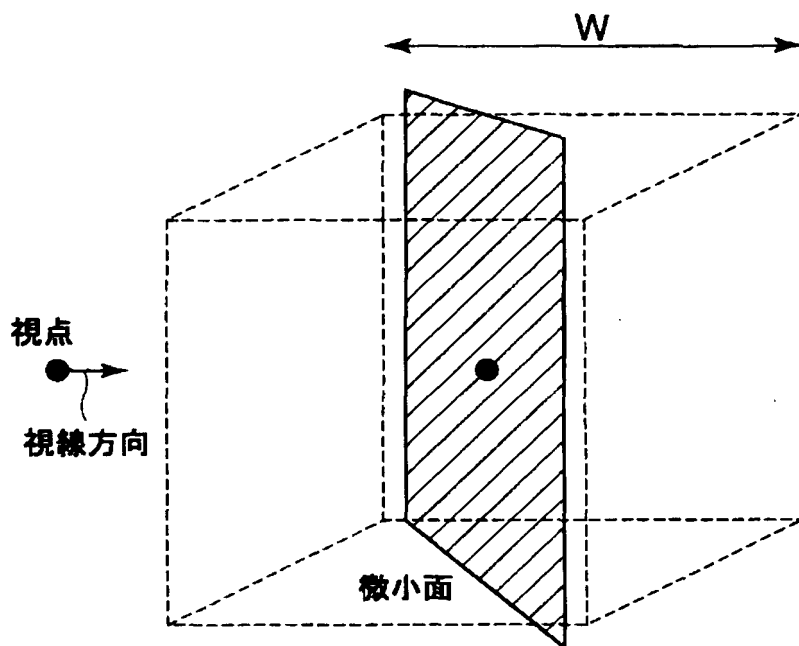
【図 1】



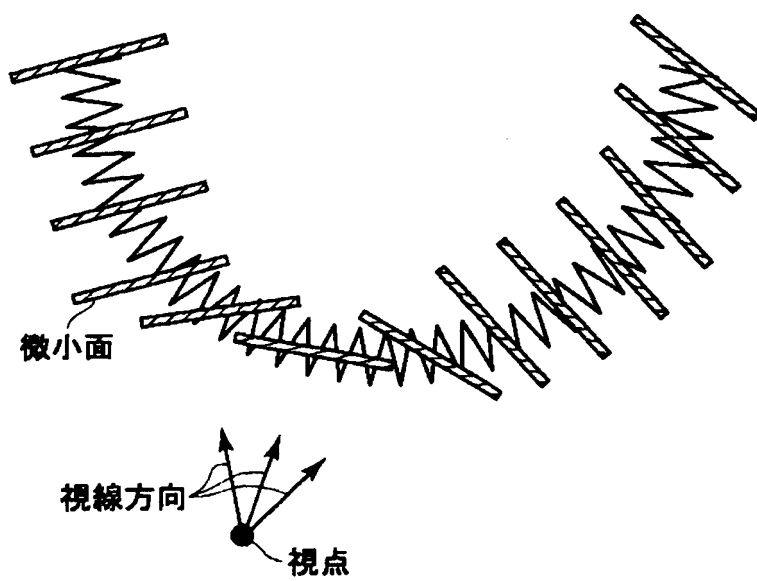
【図 2】



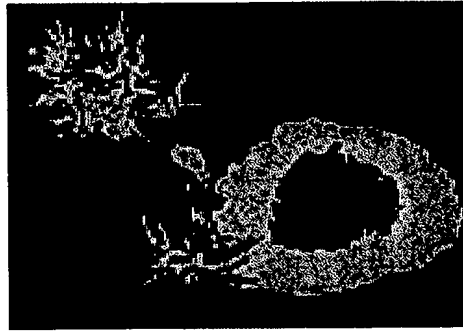
【図 3】



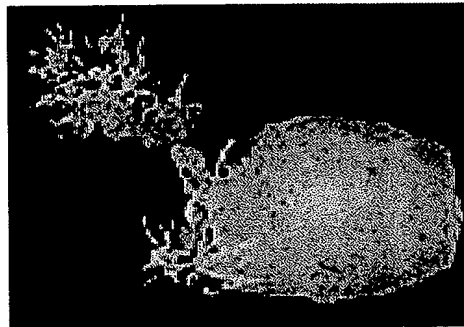
【図 4】



【図 5】



(c)

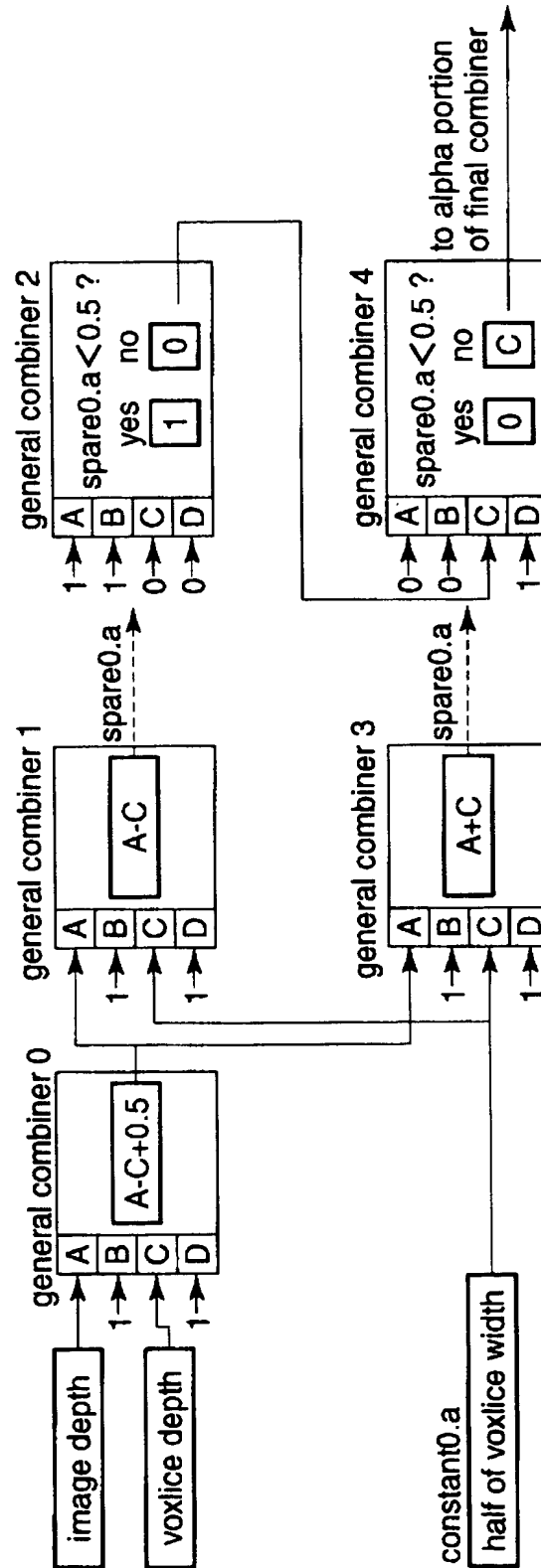


(b)

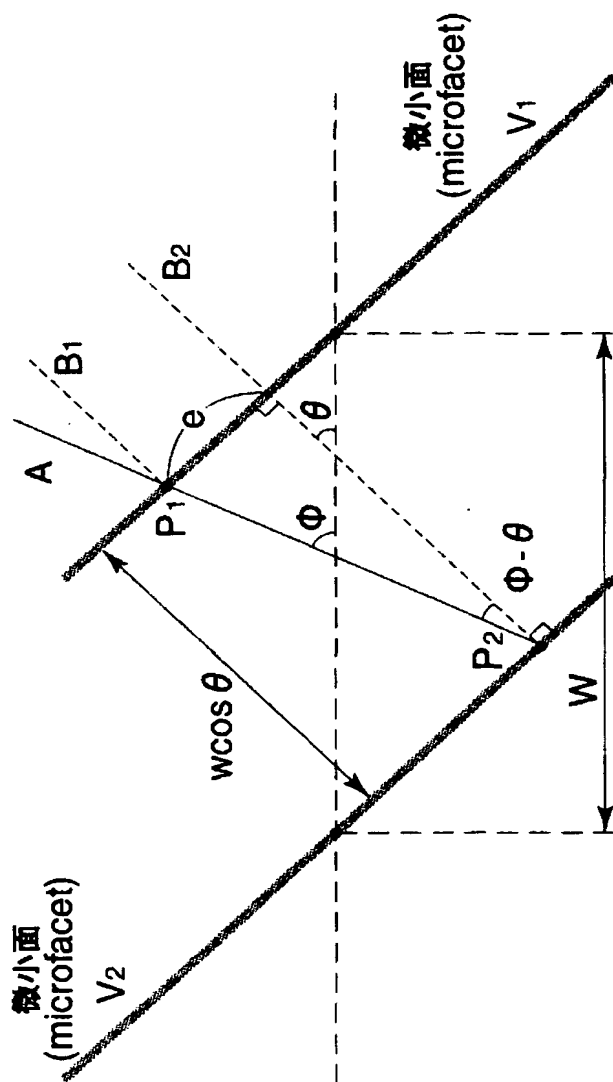


(a)

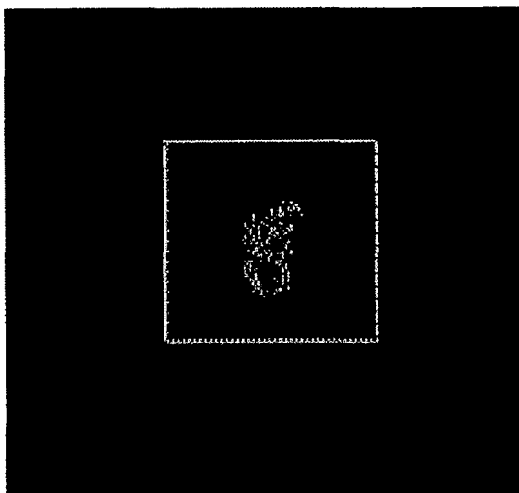
【図 6】



【図 7】



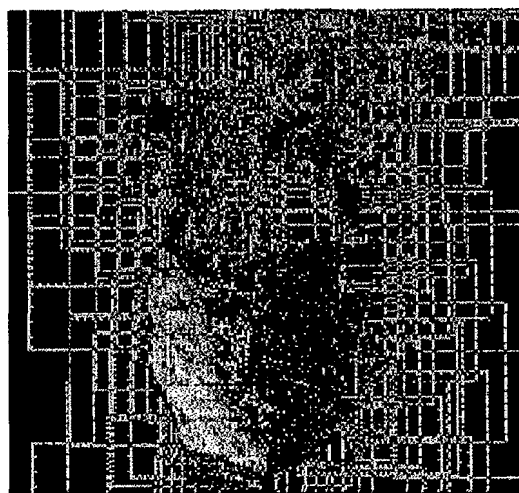
【図 8】



(a)



(b)

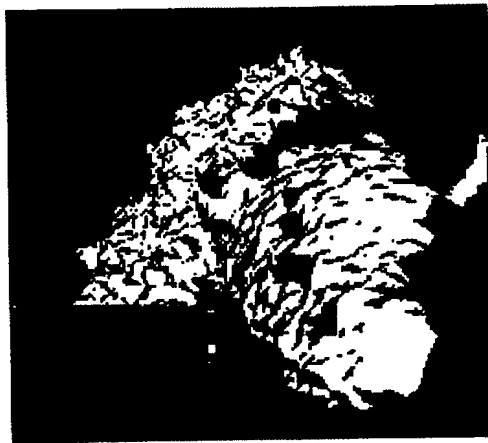


(c)

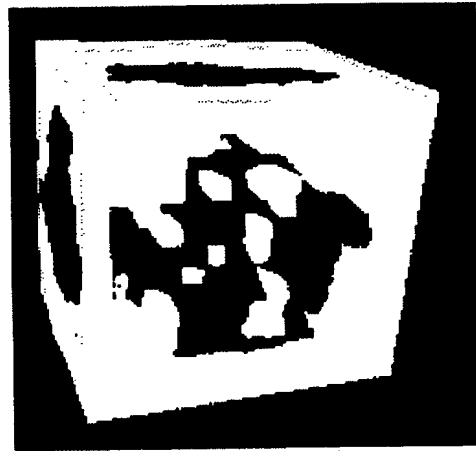


(d)

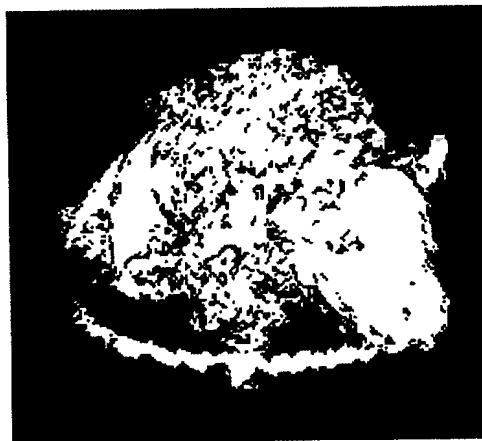
【図9】



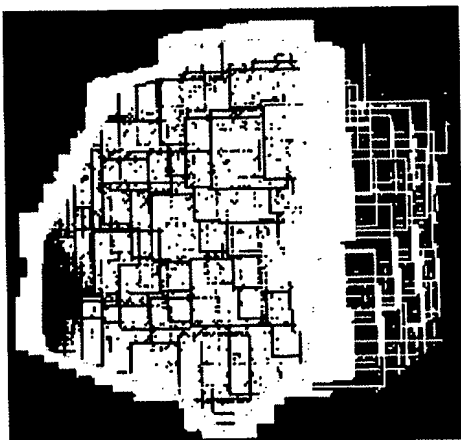
(a)



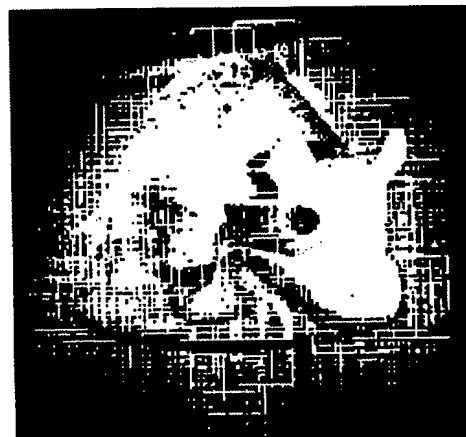
(b)



(c)

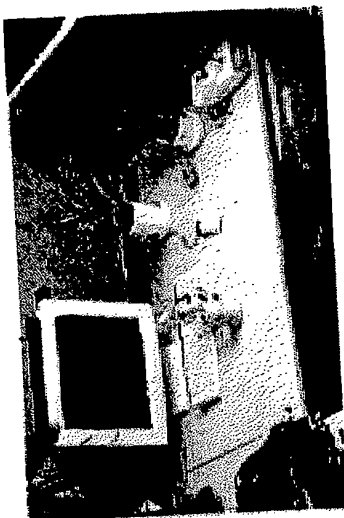


(d)

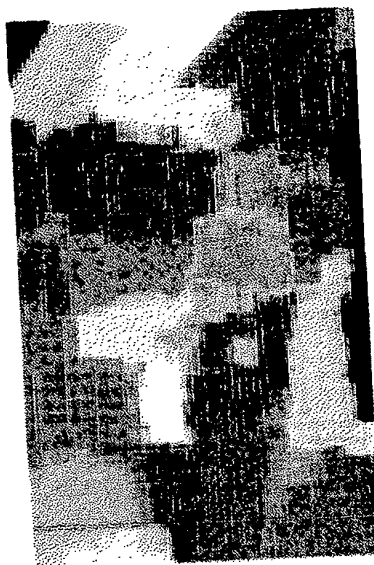


(e)

【図10】



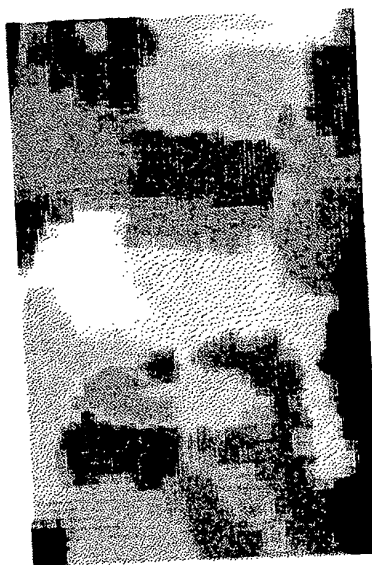
(a)



(b)

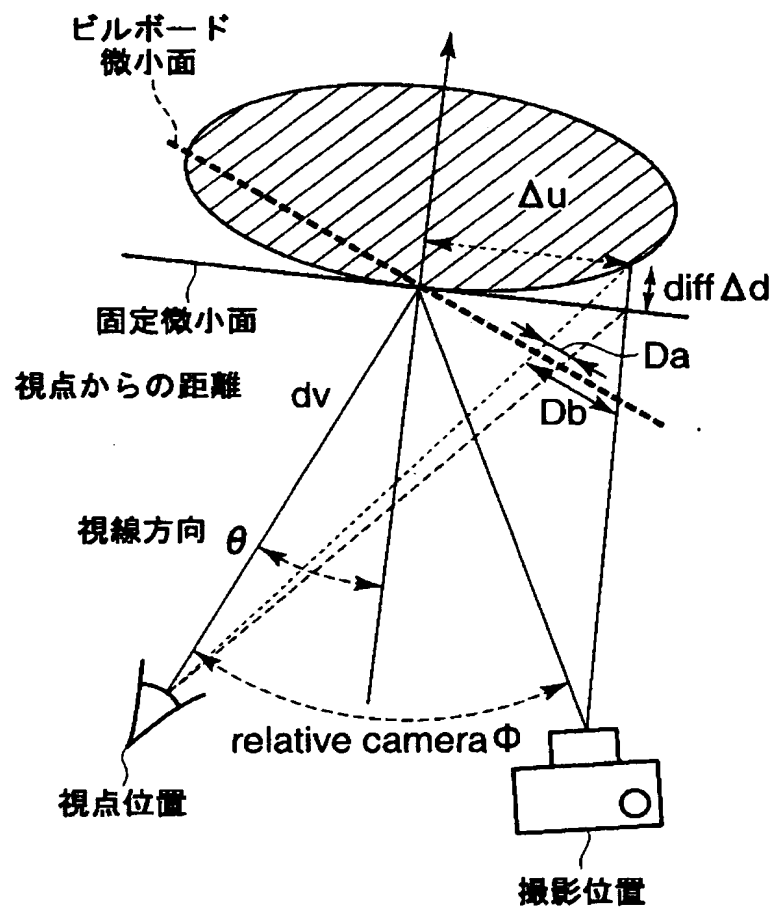


(c)

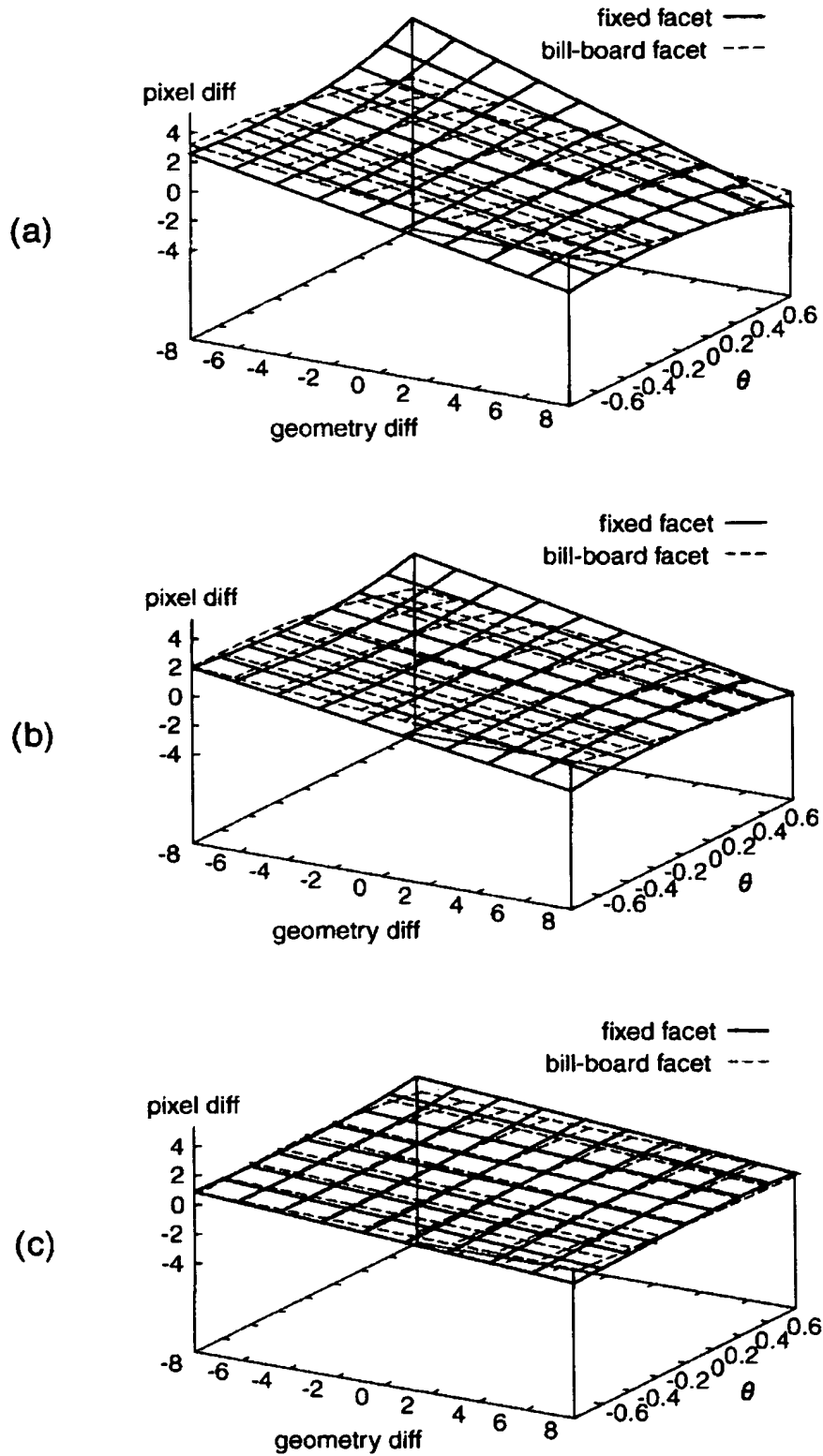


(d)

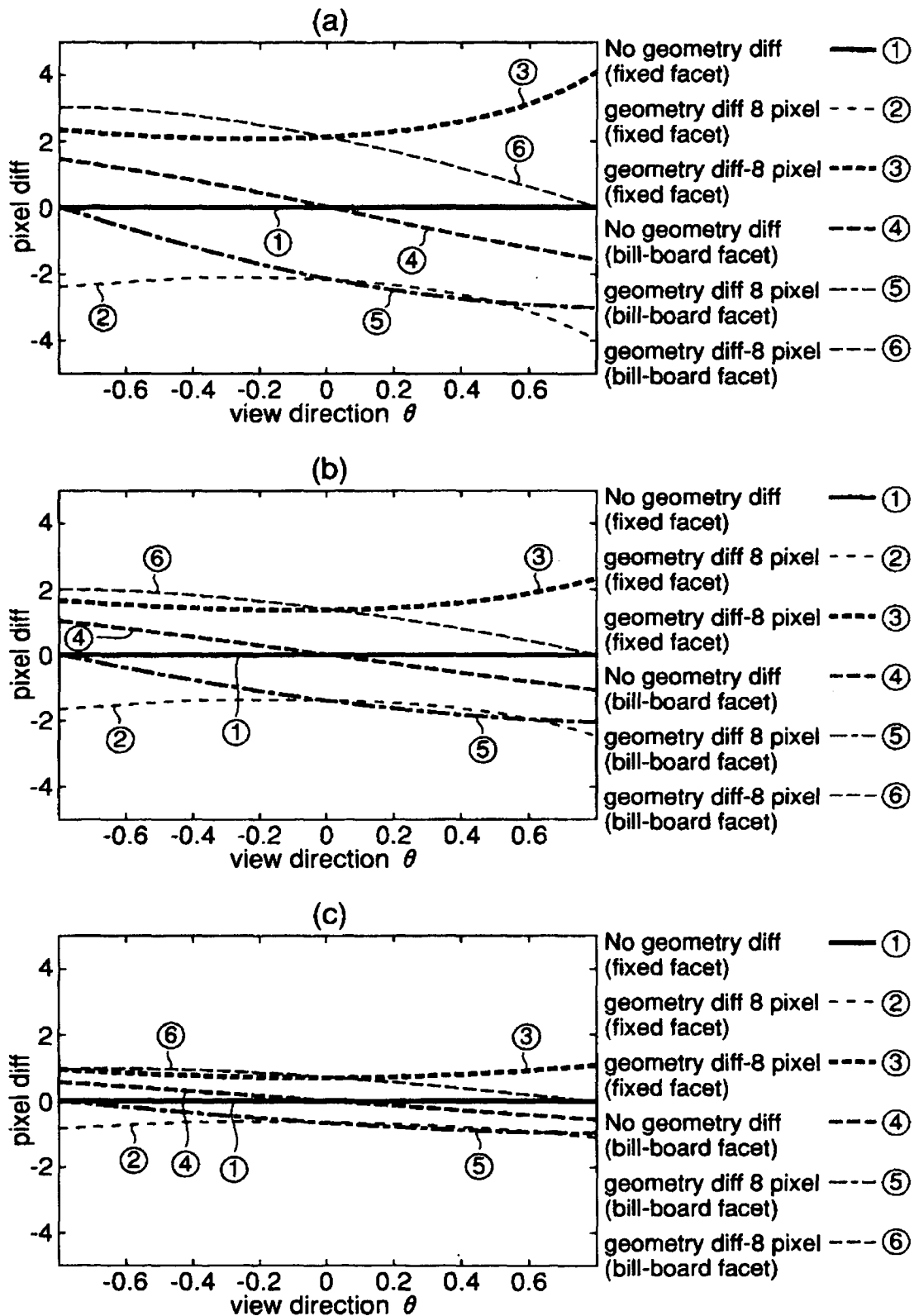
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    計測によって得られた幾何形状を最大限に活用しつつ、画像に基づく見えの合成を行うことで、任意の対象物体を表示することができる画像処理装置、画像処理方法、及び当該画像処理プログラムを提供すること。

【解決手段】    描画対象を異なる複数の撮影方向から撮影して得られる二次元画像と、描画対象の距離画像とを利用して、微小面ビルボーディングを用いた手法によって、所定の視線方向から対象を描画する装置等である。この手法は、距離画像等から描画対象の幾何形状を求め、視線方向に依存してその向き（方向）が変化する微小面の集合で近似する。各微小面には、視線方向と撮影方向から選択された二次元画像をテクスチャとして張り付けることにより、任意形状の物体や風景を効率的に描画するものである。

【選択図】              図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391012327]

1. 変更年月日 1991年 1月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都文京区本郷7丁目3番1号

氏 名 東京大学長

DOCKET NO.: 239510US2

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Katsushi IKEUCHI, et al.

SERIAL NO.: New Application

FILED: Herewith

FOR: IMAGE PROCESSING APPARATUS, IMAGE PROCESSING METHOD, AND  
IMAGE PROCESSING PROGRAM


**REQUEST FOR SMALL ENTITY STATUS**

This application qualifies for small entity status.

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Date: 6/25/03

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124